

多数国間での製造拠点の選択

The Selection of Production-Spot among Many Countries

上 野 皓 司
Ueno, Koji

ABSTRACT

To maximize the profit many firms are going to outward societies. Cheap labors, cheap raw materials, informations of R&D, and easy marketings are the main determinants of foreign direct investment of manufacturing companies. In this paper the methods of rational selection of production-spot are investigated theoretically under the assumption of multi-regions, among which some regins sell raw materials, some regions produce manufacturing goods, and some regions purchase those manufacturing goods. The role of prices of production factors and transportation costs are examined.

現在世界の各国は相互に製品生産の拠点を求め、連携を強化している。その核心は外国への直接投資にあり、投資の動機や影響が活発に研究されている。Kogut and Chang (1991) は日本から米国内への 297 産業部門の直接投資を分析し、日本の投資は R&D 支出が多い産業に行われ、日本からの輸入の抑制は米国内への投資を促進している、とし、Pugel, Kragas and Kimura (1996) は、日本から米国への直接投資は R&D の支出が多い産業に行われるが、米国内での既存の R&D には無関係で、日本側の技術やマーケティング資産の大きな産業が米国へ多くの直接投資を行っている、と分析している。また Belderbos and Sleuwaegen (1996) は日本の電子産業の国外への直接投資の決定要因を分析し、ヨーロッパや北米への投資は R&D やマーケティング等の無形資産 (intangible assets) によるが、東南アジアへの投資は人的な資源や水平的あるいは垂直

的な企業間の結びつきによる、としている。Leichenko and Erickson (1997) は、1980 年から 1991 年の間の米国製造業の輸出力に対する外国からの直接投資の影響を分析し、投資の増大は米国製造業の輸出力の改善にプラスに作用している、とも述べている。

Barrell and Pain (1996) は 1970 から 80 年代の米国に本拠のある多国籍企業 (U.S.-based multinational enterprises) の外国への直接投資 (FDI=Foreign Direct Investment) の決定要因を研究し、GNP によって測定される市場規模や労働と資本の生産要素の相対的なコストが重要な決定要因であるとしている。調査によれば 1987 年末までに米国の FDI の蓄積額は簿価で 3090 億ドルに達し、この時点では世界最大額である。Blomström, Fors and Lipsey (1997) は米国とスウェーデンの外国への直接投資を比較し、米国の投資は開発途上国での労働集約的な投資が多く、米国内の労働集約度を低下させているが、スウェーデンからの投資は米国やヨーロッパ等の高所得国が多く、スウェーデン国内ではブルーカラー (blue-collar) を中心とする雇用の増大をもたらしている、と分析している。

OECD 等の調査では 1995 年の世界の外国への直接投資の蓄積額は約 2 兆 7000 億ドルで、OECD 諸国から外国への投資額 (outward FDI) は約 2 兆 5000 億ドル、OECD 諸国への外国からの投資額 (inward FDI) は約 1 兆 9000 億ドルであるが、Barrell and Pain (1997) は OECD 諸国への外国からの投資の影響を検討し、知識の普及を通して直接投資は各国の技術進歩や輸出力に寄与しているとしている。また Balasubramanyam, Salisu and Sapsford (1996) は 46 の開発途上国を分析し、経済成長の促進という条件でみた外国からの直接投資の有益な効果は、外部への貿易を志向している国が、内部に向かった政策を目指している国より強い、と述べている。

上記のように、今日商品の生産地は多様であり、A 国企業のブランド名が入っていてもその生産地は他の国であることが多い。先進工業国の企業はコストの低減を目指してより安い原料や賃金の国に生産拠点を求めている。以下では輸送費やその他の費用を考慮して先進工業国の企業がどのような場所に生産地を

設けるかを理論的に検討する。

問題の明確化のために遠距離の複数国を考え、各国の一定地点に生産地や原料供給地が存在すると仮定する。ここで簡単化のために工場や設備等の資本や、道具、補助材料、燃料等の操業の維持に関連する経費は除外し、コストは原材料費、製造費、販売費の3点に着目する。一般に原材料費は原材料価格と生産地までの輸送費を、製造費は生産地の賃金と先進工業国から訪れる技術指導者の賃金や交通費を、販売費は生産地から販売国までの製品の輸送費と販売員の賃金や交通費を含んでいる。問題は複数の原材料国や、生産国、販売国の異なる費用や販売価格のもとで、どのように国を選択すれば利益を最も大きくすることができるかである。企業規模により生産のために投下することができる資本額が異なるために、一定の製品生産量を想定し、問題を検討する⁽¹⁾。

1. 原材料, 生産, 販売の相互関係

以下では最も簡単なモデルを考える。コストについては、原材料費は製品1単位当たりの原材料価格 pa と生産地までの製品1単位当たりの原材料輸送費 sa を、製造費は生産地の製品1単位当たりの賃金 wb を、販売費は生産地から販売国までの製品1単位当たりの輸送費 sb のみを、考える。生産を開始するためには一般に販売国や販売量、販売価格が先に調査される必要があり、これらを参考に企業の生産可能額が決められると仮定する。このとき総製品生産量と総販売量は等しくなり、生産国や販売国、生産コストや販売価格等は任意に選択される。

1-1. 基本的関係

まず原材料、製品生産の候補国がそれぞれ m 国、 n 国存在し、販売国が u 国で

(1) Parr (1993) は、複数の原材料とその生産地域、一つの原材料を使った複数の製品製造地域と製品生産地域とは異なる販売地域、の仮定の下で、複数の生産プラントを所有する生産者がどのような場所に製品生産プラントを設置すればその利潤が極大になるかを検討している。空間の仮定や、モデルの内容は異なるが、以下の分析に類似している。

ある場合を考える。このとき利益 R は販売国での総販売額から生産に必要な原材料費や賃金、輸送費等を差し引いた額である。これらを多数国で表示すれば、

$$R = \sum_{k=1}^u (pc_k \times qc_k) - \left\{ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (pa_i + sa_{ij}) qa_{ij} + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^u (wb_j + sb_{jk}) qb_{jk} \right\} \quad (1)$$

である。 pa_i ($i = 1, 2, \dots, m$) は i 国での原材料価格を、 qa_{ij} ($j = 1, 2, \dots, n$) は i 国から j 国に送られる原材料の数量を、 sa_{ij} は i 国から j 国に送られる原材料 1 単位の輸送費を、 wb_j は j 国で生産される製品 1 単位の賃金を、 qb_{jk} ($k = 1, 2, \dots, u$) は j 国から k 国に送られる製品数量を、 sb_{jk} は j 国から k 国に送られる製品 1 単位の輸送費を、 pc_k は k 国で販売される製品 1 単位の価格を、 qc_k は k 国で販売される製品の数量を、表している。製品生産の総量 QB が一定値 G であり、これは販売総量 QC に等しい。したがって (1) 式は次のような制約を有している。

$$QB = \sum \sum (qb_{jk}) = QC = \sum (qc_k) = G \quad (2)$$

また 1 単位の製品に一定の原材料 α が必要であれば $\alpha qb = qa$ であり、原材料の必要総量 A は

$$QA = \sum \sum qa_{ij} = \alpha (\sum \sum qb_{jk}) = \alpha G \quad (3)$$

の制約を有する。ここでは原材料や製品のそれぞれ 1 単位につき各国で一定の輸送費や賃金が必要であるために、原材料や製品の総量が先に与えられれば、最も安価な原材料や製品の提供国を求める必要がある。

1-2. 国の選択

生産や輸送に規模の経済性が存在せず、生産量や輸送量にかかわらず製品 1

(2) 原材料や製品を輸送するさいには、輸送時間、輸送経費、輸送機関、輸送方法、発着時間、等を任意に選ぶことができる。もし航空機を選べば遠距離でも短時間で運ぶことができるが、コスト面では高価である。航空機による輸送の時間短縮とコスト削減の方法が近年多く研究されており、Barnhart and Schneur (1996) や Lederer and Nambimadom (1998) にはその例が見られる。

単位のコストが同一であれば、原材料価格や賃金、輸送費等が製品 1 単位当たりより安価な国が選択されるが、この選択は販売国とそこでの販売量、価格によって影響される。もし原材料国、生産国、販売国のそれぞれが多数存在すれば、一定の生産と販売の総量規制のもとで収支を最良にする選択は多様であり容易にそれぞれの国を決定することができないが、ここでは分析の簡単化のために原材料国、生産国、販売国のそれぞれの候補国が 3 国である場合に限定し、原材料の購入量、製品生産量、販売量を各国にどのように配分するのが合理的かを考える⁽³⁾。

2. 販売が生産前に明らかなき時の選択

生産と販売には時間的な差異が存在するために事前に調査していた各国での販売量や価格が生産後に異なることがある。このような状況のもとではかなり不確定な販売を前提に原料国や生産国を選択しなければならないが、販売市場が安定しているときや生産前の約定が可能なき時には、各国での販売価格や販売量を任意に選択し、望ましい生産と販売の体制を組むことができる⁽⁴⁾。以下ではまず販売市場が安定しているもとで各国相互の位置や価格の状況によってどのような選択が望ましいかを考える。

2-1. 位置による選択

各国の地理的な位置は気象や文化、社会等を通して経済活動に影響を及ぼすが、ここでは輸送費との関連を考え、国相互の距離に比例して商品 1 単位当たりの輸送費が決められると仮定する。このとき相互の距離が遠くなるほど輸送費が高くなり、より近い国を求めることになるが、位置の経済効果を検討するために、最初に商品や生産要素の価格がそれぞれの国で同一の場合を考える。

(3) 現実には友好国や経済以外の要因をも考慮することが多いために、限られた数の国が候補に上がる。

(4) 最先端製品で需要が旺盛な商品や、独占的な商品であれば、このような選択が可能である。

商品や生産要素の価格がすべて同一であれば位置を決める要因は商品の需要量や供給可能量である。もしすべての国で原材料供給量や生産可能量、販売量が当該企業の必要量を越えていればこの企業は原料国、生産国、販売国を相互に結ぶ輸送費が最も安いそれぞれの1国を選択する。しかしそうでなければ複数国を選ばなければならない。 G を生産し、販売するために必要な総輸送費 X は、

$$X = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (sa_{ij} \times qa_{ij}) + \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 (sb_{jk} \times qb_{jk}) \quad (4)$$

であり、この (4) 式は

$$QB = \sum \sum (qb_{jk}) = QC = \sum (qc_k) = G, \quad (5)$$

$$QA = \sum \sum qa_{ij} = \alpha (\sum \sum qb_{jk}) = \alpha G \quad (6)$$

の制約を有している。

製品 qb と原材料 qa には $qa = \alpha qb$ の関係があり、製品輸送費 sb と原材料輸送費 sa の間にも一定値 β によって $sa = \beta sb$ の関係⁽⁵⁾があれば、

(4) 式は

$$X = (\alpha\beta) \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (sb_{ij} \times qb_{ij}) + \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 (sb_{jk} \times qb_{jk}) \quad (7)$$

と表され、 $\sum \sum (qb_{jk}) = G$ の制約のもとで、 qa_{ij} と qb_{jk} が選択される。

(7) の最小値は右辺の第1項と第2項を可能な限り小さくすることによって得られるが、第1項を小さくしようとすれば第2項が大きくなることがある。したがって原材料の供給、生産、販売の各可能量の上限を考慮しつつ X が最小値となる国を捜さなければならない。

それぞれの国に次のような制約が存在するときを考える。1から3の国で原材料の供給可能量⁽⁶⁾は

$$qa_1^* \leq A_1, \quad qa_2^* \leq A_2, \quad qa_3^* \leq A_3, \quad (8)$$

(5) 製品と原材料の関連はさまざまであるが、鉄鉱石と鉄、ボーキサイトとアルミ等の比較的变化の少ない関連であれば、輸送費の相互の関係は一定値によって容易に表される。

(6) 原材料国の供給可能量はその国の供給可能総量や他の企業の需要状況等によって影響される。

生産国の製品生産可能量は⁽⁷⁾

$$qb_1^* \leq B_1, qb_2^* \leq B_2, qb_3^* \leq B_3, \quad (9)$$

販売国の製品販売可能量は⁽⁸⁾

$$qa_1^* \leq C_1, qc_2^* \leq C_2, qc_3^* \leq C_3, \quad (10)$$

である。生産国3国のいずれかで必要量を生産しなければならないが、 X を最小にするためには、原材料生産、製品生産、販売の3国を結ぶ輸送費が最も低い経路をまず選び、この経路で最大可能量を決めなければならない。最大可能量とは原材料生産、製品生産、販売のうちの最も低い制約量に対応する値である。もしそれぞれ第1国を結ぶ経路が最も輸送費が低ければ、この経路での最も低い制約量が第一に選ばれるコースとして採用される。この経路で

$$qa_1^* \leq A_1, qb_1^* \leq B_1, qc_1^* \leq C_1 \quad (11)$$

の制約が存在し、

$$G > (A_1/\alpha) > B_1 > C_1 \quad (12)$$

であれば、第1販売国の販売量の上限 C_1 がこの経路の最大可能量を決め、第一に選ばれるコースでの移動量を決める。すなわち第1原材料国から第1生産国へは A_1 のうちから αC_1 の原材料が、第1生産国から第1販売国へは C_1 の製品が送られ、 $qa_{11} = \alpha C_1$, $qb_{11} = C_1$ であり、この経路の輸送費 X_1 は

$$\begin{aligned} X_1 &= (sa_{11} \times qa_{11}) + (sb_{11} \times qb_{11}) \\ &= (\alpha\beta)(sb_{11} \times C_1) + (sb_{11} \times C_1) \\ &= (\alpha\beta + 1)(sb_{11} \times C_1) \end{aligned} \quad (13)$$

となる。

輸送費が次に低い経路が第2順位の経路であるが、この経路は原材料、製品生産、販売について1, 1, 2の国を結ぶとすれば、この経路では

$$qa_1^* \leq (A_1 - \alpha C_1), qb_1^* \leq (B_1 - C_1), qc_2^* \leq C_2 \quad (14)$$

(7) 製品生産可能量は労働力、技術水準、等によって決められるが、ここでは生産に必要な技術を持った労働者数による制約を仮定する。

(8) 製品販売可能量はその国の需要の総量と同様な製品を提供する他の企業の供給状況等によって決められる。

の制約が存在し、

$$G > C_2 > ((A_1 - \alpha C_1) / \alpha) > (B_1 - C_1) \quad (15)$$

であれば、第1生産国の生産量の上限 $(B_1 - C_1)$ がこの経路の最大可能量を決め、第二の移動国に選ばれる。すなわち第1原材料国から第1生産国へは $(A_1 - \alpha C_1)$ のうちから $\alpha(B_1 - C_1)$ の原材料が、第1生産国から第2販売国へは $(B_1 - C_1)$ の製品が送られ、 $qa_{11} = \alpha(B_1 - C_1)$ 、 $qb_{12} = (B_1 - C_1)$ であり、第2順位の経路の輸送費 X_2 は

$$\begin{aligned} X_1 &= (sa_{11} \times qa_{11}) + (sb_{12} \times qb_{12}) \\ &= (\alpha\beta)(sb_{12} \times (B_1 - C_1)) + (sb_{12} \times (B_1 - C_1)) \\ &= (\alpha\beta + 1)(sb_{12} \times (B_1 - C_1)) \end{aligned} \quad (16)$$

となる。

第2順位の経路では生産の第1国が第1順位の経路で使用した残量をすべて販売の第2国に輸送するために、第3順位の経路の選択では、もし第3位に輸送費の低い経路が原材料、製品生産、販売について2, 1, 2や3, 1, 3等であってもこれらの経路は不可能になり、生産国2や3をを結ぶ他のコースを選ばなければならない。このようにして順次生産予定量 G に達するまでコースの選択が行われ、経路とそれぞれの国への配分量が決定される。

2-2. 経費全体による選択

原材料や製品が高価で小さければ輸送費の経費に占める割合が相対的に小さくなり、価格や賃金が国選択の主要な要因になる。もし完全に輸送費を無視することができれば国の選択は位置には無関係になり、原材料、製品生産、販売についてそれぞれ生産量 G に達するまで低い国から順次採用することになる。しかし輸送費と価格や賃金がいずれもコストに影響すれば、すべてを考慮して経路を選択しなければならない。上記と同様にそれぞれ3国の候補のもとで経費全体による経路の選択を考える。

2-2-1. 販売価格が各国で同一な場合

3 国のもとで収益 R を最大にするためには販売価格と経費の相互関係を考慮しなければならない。そこで以下ではまず販売価格は 3 国ですべて同一であると仮定する。このとき収益 R は

$$R = \sum_{k=1}^3 (pc_k \times qc_k) - \left\{ \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (pa_i \times sa_{ij}) qa_{ij} + \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 (wb_j + sb_{jk}) qb_{jk} \right\} \quad (17)$$

であり、

$$QB = \sum \sum (qb_{jk}) = QC = \sum (qc_k) = G, \quad (18)$$

$$QA = \sum \sum qa_{ij} = \alpha (\sum \sum qb_{jk}) = \alpha G \quad (19)$$

の制約を有している。

販売価格が同じであれば、(17) を最大にするためには右辺の第 2 項 Y

$$Y = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (pa_i \times sa_{ij}) qa_{ij} + \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 (wb_j + sb_{jk}) qb_{jk} \quad (20)$$

を最小にしなければならない。(20) を最小にするためには原材料、生産、販売の各国を結ぶ最小経費のコースを選ばなければならない。これらのコースは製品 1 単位の経費が最小の経路によって決められる。製品 1 単位の経路ごとの経費 y は

$$y = \alpha(pa_i + sa_{ij}) + (wb_j + sb_{jk}) \quad (21)$$

であり、この値が最小になる経路がまず第 1 順位に選ばれる。第 1 順位の経路が原材料、生産、販売の各国で 3, 3, 3 であれば、製品 1 単位のこの経路の費用 y_1 は

$$y_1 = \alpha(pa_3 + sa_{33}) + (wb_3 + sb_{33}) \quad (22)$$

であるが、この経路の最大可能量はこれらの国の最小可能量によって決められる。各国には上記と同様な可能量の上限が存在するとすれば、

$$qa_1^* \leq A_1, qa_2^* \leq A_2, qa_3^* \leq A_3, \quad (8)$$

(9) 現実には為替の短期的変化や輸送手数料の変動等の不確定要因が存在し、厳密な価格の同一は困難であるが、近似的に同一を想定する。

$$qb_1^* \leq B_1, qb_2^* \leq B_2, qb_3^* \leq B_3, \quad (9)$$

$$qc_1^* \leq C_1, qc_2^* \leq C_2, qc_3^* \leq C_3, \quad (10)$$

であり、この経路では

$$qa_3^* \leq A_3, qb_3^* \leq B_3, qc_3^* \leq C_3 \quad (23)$$

の制約が存在するが、もし

$$G > (A_3/\alpha) > B_3 > C_3 \quad (24)$$

であれば、第3販売国の販売量の上限 C_3 がこの経路の最大可能量を決め、第一に選ばれる。この経路の総費用 Y_1 は

$$\begin{aligned} Y_1 &= (pa_3 + sa_{33})qa_{33} + (wb_3 + sb_{33})qb_{33} \\ &= \{\alpha(pa_3 + sa_{33}) + (wb_3 + sb_{33})\}C_3 \end{aligned} \quad (25)$$

である。次に製品1単位の費用が低い経路が第2順位に選ばれ、その最大可能量によってこの経路の総費用 Y_2 が選ばれる。このようにして順次経路を選択し、 G に達した段階で必要な経路の選択が終了し、最大収益 R が決定する。

2-2-2. 販売価格が各国で異なる場合

販売価格が異なれば製品1単位の収益 r

$$r = pc_k - \{\alpha(pa_i + sa_{ij}) + (wb_j + sb_{jk})\} \quad (26)$$

に着目しなければならない。 r が最大の経路が第1順位に選ばれるが、原材料、生産、販売のそれぞれに上記と同様の量的な制約が存在すれば、この経路の国の最小可能量によって経路全体の最大生産可能量が決められる。もし原材料、生産、販売について2, 2, 2の経路が製品1単位の収益を最大にし、

$$G > (A_2/\alpha) > B_2 > C_2 \quad (27)$$

であれば、第2販売国の販売量の上限 C_2 がこの経路の最大可能量を決め、第一に選ばれる。この経路の総収益 R_1 は

$$\begin{aligned} R_1 &= (pc_2 \times qc_2) - \{(pa_2 + sa_{22})qa_{22} + (wb_2 + sb_{22})qb_{22}\} \\ &= \{pc_2 - \alpha(pa_2 + sa_{22}) + (wb_2 + sb_{22})\}C_2 \end{aligned} \quad (28)$$

である。第2順位の経路は次に製品1単位の収益が高い経路であり、その最大

可能量によってこの経路の総収益 R_2 が選ばれる。このようにして順次経路を選択し、 G に達した段階で必要な経路の選択が終了し、最大収益 R が決定される。

2-2-3. 収益と生産量

上記のような選択はすべて一定生産量 G を目標に行っている。しかし問題は経路の選択の過程で生産量 G に達する以前に収益が正から負に転じるときはどのように判断されるかである。上記の例では収益の正負は考えず暗黙的に生産量 G では全体的に収益が正であることを前提にしている。しかし収益の高い経路から順次選択すれば状況によっては G に達する以前に収益が負になる経路が発生する。この収益が正から負に転じる生産量 G を G^* ($< G$) と表し、 G^* で生産を停止するとすれば、販売価格、賃金、原材料価格、輸送費が国によって異なるとき、最大収益 R^* は

$$R^* = \sum_{k=1}^3 (pc_k \times qc_k) - \left\{ \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (pa_i \times sa_{ij}) qa_{ij} + \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 (wb_j + sb_{jk}) qb_{jk} \right\} \quad (29)$$

であり、

$$QB = \sum \sum (qb_{jk}) = QC = \sum (qc_k) = G^* \quad (30)$$

$$QA = \sum \sum qa_{ij} = \alpha (\sum \sum qb_{jk}) = \alpha G^* \quad (31)$$

の制約を有している。

3. 販売が不安定なときの選択

それでは販売価格が事前には不明確なときはどうであろうか。一般には原材

(10) ここでは生産要素価格や輸送費を製品生産拠点の選択要因としているが、他にも多くの要因が存在する。Coughlin, Terza and Arromdee (1991) は 1981 年から 1983 年までの米国への国外からの直接投資を州ごとに比較し、投資を誘引する要因は、高い一人当たり所得、高密度な工業活動、高い失業率、高い労働組合の組織率、広範囲な輸送設備、促進的な政府支出、等で、投資を妨げる要因は、高賃金、高い税、等であると分析している。調査によれば 1975 年の米国への直接投資の蓄積額は 114 億ドル、1989 年の蓄積額は 1602 億ドルである。

料価格や賃金、輸送費等は生産者が需要者であり、価格の決定には優位な立場にある。しかし販売価格は市場や為替の変動等により不規則に変化することがあり、収益は予想とは大きく異なることがある。そこで各販売国での価格や販売量の不測の変化に対応するために、販売価格が事前には不明確なときは、「まず一定量 G を最小コストで生産し、製品が完成した後にもっとも収益が高い販売国へ輸送する」という方法を採用すると考える。この方法を採用すれば、生産前の販売価格を前提にした原材料、生産、販売の各国のもとでの計算と収益はどれだけ異なるであろうか。⁽¹¹⁾

3-1. 最小コスト経路の選択

上記と同様に候補国は各3国であるとする。まず原材料とその輸送費および生産国での賃金を最小にする国を選ぶ。製品1単位の経路ごとのこれらの費用 z は

$$z = \alpha(pa_i + sa_{ij}) + wb_j \quad (32)$$

であり、この値が最小になる経路がまず第1順位に選ばれる。第1順位の経路が原材料、生産、の各国で1, 1, であれば、製品1単位のこの経路の費用 z_1 は

$$z_1 = \alpha(pa_1 + sa_{11}) + wb_1 \quad (33)$$

であるが、この経路の最大可能量はこれらの国の最小可能量によって決められる。各国には上記と同様な可能量の上限が存在するとすれば、

$$qa_1^* \leq A_1, \quad qb_1^* \leq B_1, \quad (34)$$

の制約が存在するが、もし

$$G > (A_1/\alpha) > B_1 \quad (35)$$

であれば、第1生産国の上限 B_1 がこの経路の最大可能量を決め、第1に選ばれ

(11) 原材料や製品の価格は為替の影響を受ける。購入や販売国の選択は常に為替の変化を考慮しなければならない。将来価格の予測のためには過去の長期的な資料が必要であるが、Lothian, James R. and Mark P. Taylor (1996) には、1791年から1990年までの米国ドルと英国ポンドの実質交換比率が、1805年から1990年までのフランス・フランと英国ポンドの実質交換比率が示されている。

る。この経路の総費用 Z_1 は

$$Z_1 = (pa_1 + sa_{11})qa_{11} + (wb_1)qb_1 \quad (36)$$

であるが³、ここで $qa_{11} = \alpha qb_1 = \alpha B_1$ であるために、

$$Z_1 = \{\alpha(pa_1 + sa_{11}) + wb_1\}B_1 \quad (37)$$

である。次に製品 1 単位の生産費用が低い経路が第 2 順位に選ばれ、その最大可能量によってこの経路の総費用 Z_2 が選ばれる。このようにして順次経路を選択し、 G に達した段階で必要な経路の選択が終了し、最小費用 Z が決められる。

最小費用 Z は

$$Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (pa_i + sa_{ij})qa_{ij} + \sum_{j=1}^3 (wb_j)qb_j \quad (38)$$

であり、

$$QB = \sum (qb_j)G, \quad (39)$$

$$QA = \sum \sum qa_{ij} = \alpha(\sum qb_j) = \alpha G \quad (40)$$

の制約を有している⁽¹²⁾。

3-2. 最大販売収益経路の選択

製品完成後は最小コストの国で生産された製品が最大の販売収益 V を生む国に輸送される。生産国 j での製品 1 単位のコストを zb_j と表せば、 V は

$$V = \sum_{k=1}^3 (pc_k \times qc_k) - \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 (zb_j \times sb_{jk})qb_{jk} \quad (41)$$

であり、

$$QB = \sum \sum (qb_{jk}) = QC = \sum (qc_k) = G \quad (42)$$

の制約を有している。

(38) が最大であるためには

$$v = (pc_k - zb_j - sb_{jk}) \quad (43)$$

(12) このモデルでは国際間取引での関税や数量制限は考慮していない。関税は通常輸送費用に上積みされる取引コストであるが、Wigle (1992) は、輸送費に追加される費用としての関税、という視点から、輸送費と関税両者の取引への影響を分析している。

を最小にする経路を上記と同様に順次選ばなければならない。第1順位の経路が生産、販売、の各国で1, 2, であれば、製品1単位のこの経路の販売収益 v_1 は

$$v_1 = (pc_2 - zb_1 - sb_{12}) \quad (44)$$

であるが、この経路の最大可能量はこれらの国の最小可能量によって決められる。各国には上記と同様な可能量の上限が存在し、

$$qb_1^* \leq B_1, \quad qc_2^* \leq C_2, \quad (45)$$

で、

$$G > B_1 > C_2 \quad (46)$$

であれば、第2販売国の上限 C_2 がこの経路の最大可能量を決め、第1に選ばれる。この経路の総収益 V_1 は

$$\begin{aligned} V_1 &= (pc_2 \times qc_2) - (zb_1 + sb_{12})qb_{12} \\ &= \{pc_2 - (zb_1 + sb_{12})\}C_2 \end{aligned} \quad (47)$$

である。次に製品1単位の収益が高い経路が第2順位に選ばれ、その最大可能量によってこの経路の総収益 V_2 が選ばれる。このようにして順次経路を選択し、 G に達した段階で全体の収益 V が決められる。

3-3. 事前と事後の販売価格による最大収益

事前の販売価格による最大収益の経路は上記の販売価格が安定している場合と同様で、予想収益 R は

$$\begin{aligned} R &= \sum_{k=1}^3 (pc_k \times qc_k) - \left\{ \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (pa_i \times sa_{ij}) qa_{ij} \right. \\ &\quad \left. + \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 (wb_j + sb_{jk}) qb_{jk} \right\} \end{aligned} \quad (48)$$

であり、

$$QB = \sum \sum (qb_{jk}) = QC = \sum (qc_k) = G, \quad (49)$$

$$QA = \sum \sum qa_{ij} = \alpha (\sum \sum qb_{jk}) = \alpha G \quad (50)$$

の制約を有している。他方生産は最小費用の経路を選び、販売は生産後に最大収益の経路を選ぶ場合の収益 V は

$$V = \sum_{k=1}^3 (pc_k^\star \times qc_k^\star) - \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 (zb_j \times sb_{jk}^\star) qb_{jk}^\star \quad (51)$$

であり,

$$QB = \sum qb_j^\star = \sum \sum (qb_{jk}^\star) = QC = \sum (qc_k^\star) = G, \quad (52)$$

$$QA = \sum \sum qa_{ij}^\star = \alpha (\sum \sum qb_{jk}^\star) = \alpha G \quad (53)$$

の制約を有している。経路の差異による価格や量の差異を示すために後者には☆を付けている。収益 V はまた

$$V = \sum_{k=1}^3 (pc_k^\star \times qc_k^\star) - \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 (sb_{jk}^\star) qb_{jk}^\star - \left\{ \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (pa_i^\star \times sa_{ij}^\star) qa_{ij}^\star + \sum_{j=1}^3 (wb_j^\star) qb_j^\star \right\} \quad (54)$$

と表すことができるが,

$$QB = \sum qb_j^\star = \sum \sum (qb_{jk}^\star) = QC = \sum (qc_k^\star) = G, \quad (55)$$

$$QA = \sum \sum qa_{ij}^\star = \alpha (\sum \sum qb_{jk}^\star) = \alpha \sum qb_j^\star = \alpha G, \quad (56)$$

$$qb_j^\star = \sum_{k=1}^3 qb_{jk}^\star \quad (j = 1, 2, 3) \quad (57)$$

の制約を有している。(54) の右辺第3項は生産段階での最小費用 Z に等しい⁽¹³⁾。

4. 収益の差異

それでは、(1) 事前の販売価格による予想収益と事後の販売価格による最大収益とはどのように異なるであろうか。また (2) 事前の販売価格により生産拠点と販路を決めたさいには、事前の予想収益と事後の現実的な収益とはどのように異なるであろうか。(3) 事前の販売価格により生産拠点と販路を決めたさいの事後の現実的な収益は、事前に最小生産コストの経路を選び、製品完成後最大販売収入販路を選んだ場合の収益とどのように異なるであろうか。

(13) 複数の原材料生産地と一つの製品市場が存在するとき、距離に比例した輸送費のもとで、どの地点に一つの製品生産地を設定すれば、販売収益を極大にすることができるかが、1958年の Leon N. Moses の論文以来研究され続けている。これらの研究は連続した空間のもとでの生産地の検討であるが、分離した地点の選択にも多くの示唆を与えている。Ziegler (1986) にはこれらの研究の一例が見られる。

4-1. 事前と事後の販売価格による最大収益の差異

事前の販売価格による予想収益と事後の販売価格による最大収益とはどのように異なるであろうか。事前の販売価格による予想収益 R は

$$R = \sum_{k=1}^3 (pc_k \times qc_k) - \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 (sb_{jk}) qb_{jk} - \left\{ \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (pa_i \times sa_{ij}) qa_{ij} + \sum_{j=1}^3 (wb_j) qb_j \right\} \quad (58)$$

と表され,

$$QB = \sum qb_j = \sum \sum (qb_{jk}) = QC = \sum (qc_k) = G, \quad (59)$$

$$QA = \sum \sum qa_{ij} = \alpha (\sum \sum qb_{jk}) = \alpha \sum qb_j = \alpha G, \quad (60)$$

$$qb_j = \sum_{k=1}^3 qb_{jk} \quad (j = 1, 2, 3) \quad (61)$$

の制約を有している。(58) の右辺第3項は事前の販売価格による生産段階での費用 Z^* である。 R と V の差異は (58) と (54) の右辺の各項目を比較することによって知ることができる。

$(R - V)$ をみれば両者の右辺第3項 $(Z^* - Z)$ は Z が生産コストの最小値であるために明らかに正である。したがって右辺第1と第2項の差異が V の大小を決める。右辺の第1と第2項に着目すれば、 $(R - V)$ は

$$(R - V) = \sum_{k=1}^3 \left\{ (pc_k \times qc_k) - (pc_k^* \times qc_k^*) \right\} - \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 \left\{ (sb_{jk}) qb_{jk} - (sb_{jk}^*) qb_{jk}^* \right\} - (Z^* - Z) \quad (62)$$

である。(62) の右辺第1項は販売額の、第2項は生産国から販売国への輸送費額の、第3項は生産コストの差異を表しており、これらの値がどれだけ異なるかによって R と V の差異が決まる。これらの差異は販売価格が安定している時期の収益と販売価格が大きく変化する時期との収益の差異を示している。

4-2. 予想収益と現実収益の差異

事前の販売価格により生産拠点と販路を決めたさいには、事前の予想収益と事後の現実的な収益とはどのように異なるであろうか。この事前の販売価格に

よる最大収益経路の選択によって事後の販売価格により実際に生じる収益を R^Δ と表せば、 R^Δ は

$$R^\Delta = \sum_{k=1}^3 (pc_k^\star \times qc_k) - \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 (sb_{jk})qb_{jk} - \left\{ \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (pa_i \times sa_{ij})qa_{ij} + \sum_{j=1}^3 (wb_j)qb_j \right\} \quad (63)$$

となり、予想収益との差異 ($R - R^\Delta$) は

$$(R - R^\Delta) = \sum_{k=1}^3 (pc_k - pc_k^\star)qc_k \quad (64)$$

となる。すべての販売国で $pc_k > pc_k^\star$ であれば実際の収益は予想収益より低下し、すべての販売国で $pc_k < pc_k^\star$ であれば実際の収益は予想収益より多くなる。販売国によって pc_k と pc_k^\star の大小が異なれば、 $\sum (pc_k - pc_k^\star)qc_k$ の正負によって収益の大小を判断することになる。

4-3. 事前の経路と事後の経路による現実的収益の差異

事前の販売価格により生産拠点と販路を決めたさいの事後の現実的な収益 R^Δ は、事前に最小生産コストの経路を選び、製品完成後最大販売収入販路を選んだ場合の収益 V とどのように異なるであろうか。これらの差異 ($R^\Delta - V$) は

$$(R^\Delta - V) = \sum_{k=1}^3 \{pc_k^\star(qc_k - qc_k^\star)\} - \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 \{sb_{jk} \times qb_{jk} - sb_{jk}^\star \times qb_{jk}^\star\} - (Z^\star - Z) \quad (65)$$

である。(65) の右辺第1項は販売額の、第2項は生産国から販売国への輸送費額の、第3項は生産コストの差異を表しており、これらの値がどれだけ異なるかによって R^Δ と V の差異が決まる。右辺第3項は V が最小であるために $Z^\star > Z$ であるが、もし事後の販売価格がいずれかの国で少しでも事前の価格より高くなれば、 R^Δ は R を超過し、 R はすべての経路での最大値をとるために、 $R^\Delta > R > V$ となり、 R^Δ は V より大きくなる。しかし販売価格がすべての国で上下異なった方向に大きく変化すれば、一般に V は R^Δ より大きくなる可能性が高い。

参考文献

- Balasubramanyam, V. N., M. Salisu and David Sapsford, "Foreign Direct Investment and Growth in EP and IS Countries", *Economic Journal*, 106 (1996), 92-105.
- Barnhart, Cynthia and Rina R. Schneur, "Air Network Design for Express Shipment Service", *Operations Research*, 44 (1996), 852-63.
- Barrell, Ray and Nigel Pain, "An Econometric Analysis of U.S. Foreign Direct Investment", *Review of Economics and Statistics*, 78 (1996), 200-7.
- Barrell, Ray and Nigel Pain, "Fireign Direct Investment, Technological Change, and Economic Growth within Europe", *Economic Journal*, 107 (1997), 1770-86.
- Belderbos, René and Leo Sleuwaegen, "Japanese Firms and the Decision to Invest Abroad: Business Groups and Regional Core Networks", *Review of Economics and Statistics*, 78 (1996), 214-20.
- Blomström, Magnus, Gunnar Fors and Robert E. Lipsey, "Foreign Direct Investment and Employment: Home Country Experience in the United States and Sweden", *Economic Journal*, 107 (1997), 1787-97.
- Coughlin, Cletus C., Joseph V. Terza and Vachira Arromdee, "State Characteristics and the Location of Foreign Direct Investment within the United States", *Review of Economics and Statistics*, 73 (1991), 675-83.
- Kogut, Bruce and Sea Jin Chang, "Technological Capabilities and Japanese Foreign Direct Investment in the United States", *Review of Economics and Statistics*, 73 (1991), 401-13.
- Lederer, Phillip J. and Ramakrishnan S. Nambimadom, "Airline Network Design", *Operations Research*, 46 (1998), 785-804.
- Leichenko, Robin M. and Rodney A. Erickson, "Foreign Direct Investment and State Export Performance", *Journal of Regional Science*, 37 (1997), 307-29.
- Lothian, James R. and Mark P. Taylor, "Real Exchange Rate Behavior: the Recent Float from the Perspective of the Past", *Journal of Political Economy*, 104 (1996), 488-509.
- Parr, John B. "Supply Areas and Optimal Spatial Structure", *Journal of Regional Science*, 33 (1993), 167-86.
- Pugel, Thomas A., Erik S. Kragas and Yui Kimura, "Further Evidence on Japanese Direct Investment in U.S. Manufacturing", *Review of Economics and Statistics*, 78 (1996), 208-13.
- Wigle, Randall M., "Transportation Costs in Regional Models of Foreign Trade: an Application to Canada-U.S. trade", *Journal of Regional Science*, 32 (1992), 185-207.
- Ziegler, Joseph A., "Location, Theory of Production, and Variable Transportation Rates", *Journal of Regional Science*, 26 (1986), 785-91.